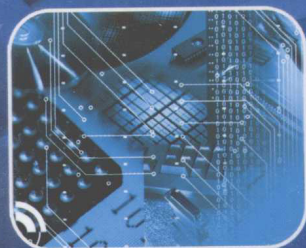
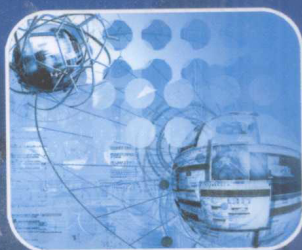
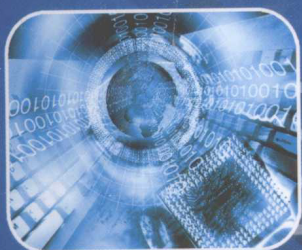




普通高等教育“十一五”国家级规划教材
21世纪高职高专电子信息类规划教材

电子产品工艺

第2版



赠电子课件

樊会灵◎主编

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
21 世纪高职高专电子信息类规划教材

电子产品工艺

第 2 版

主编 樊会灵
参编 陈 强 李 水
主审 刘莲青



机械工业出版社

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,是为高职高专电子信息类专业编写的电子工艺基础教材。

内容包括:常用电子元器件、印制电路板的设计与制作、焊接工艺、电子产品的防护与电磁兼容、整机装配工艺和电子产品的调试与检验。书中详细介绍了新型元器件、新的焊接材料及焊接工艺、新产品的调试方法、ISO9000 标准系列等。

本书以加强实践能力的培养为目标,考虑到电子工艺的发展,突出新工艺和实用性,兼顾基础知识,概念清楚、重点明确,在内容的编排上充分考虑了教学的需求。本书也可供相关工程技术人员参考。

为方便教学,本书备有免费电子课件、习题参考答案和模拟试卷,凡选用本书作为授课教材的教师,均可来电索取,咨询电话:010-88379375, Email: cmpgaozhi@sina.com。

图书在版编目(CIP)数据

电子产品工艺/樊会灵主编. —2 版. —北京:机械工业出版社, 2010. 4

普通高等教育“十一五”国家级规划教材. 21 世纪高职高专电子信息类规划教材

ISBN 978-7-111-30061-8

I. ①电… II. ①樊… III. ①电子产品—生产工艺—高等学校: 技术学校—教材 IV. ①TN05

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 041873 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 于 宁 责任编辑: 曹雪伟 版式设计: 霍永明
责任校对: 刘志文 封面设计: 陈 沛 责任印制: 乔 宇

北京铭成印刷有限公司印刷

2010 年 6 月第 2 版第 1 次印刷

184mm×260mm·10.25 印张·246 千字

0001—4000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-30061-8

定价: 18.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010)88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010)68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010)88379649

读者服务部: (010)68993821

封面无防伪标均为盗版

第2版前言

PREFACE

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材，在修订的过程中，融合了学科的进展和编者多年的教学经验。

第一章对表面安装集成电路的知识进行了扩充，使这部分内容更加详细，又添加了实物图片，使内容更直观。

第二章改动较大，尤其是第四节，原内容介绍的 Protel 版本较低，已不能跟上当前知识发展的需要，所以对第四节重新进行编写，介绍当前流行的 Protel 2004 的使用方法。在印制电路板设计这部分，重新绘制了部分插图，并添加了新的内容和图片，使内容更易于理解。

第三章加入无铅焊料、无铅助焊剂和无铅焊接的工艺技术与设备的介绍。因为铅会对人体产生很大的危害，有铅焊料和助焊剂在电子产品中被限制使用，所以在这章中加入无铅焊料和助焊剂的介绍，以便读者对无铅焊料和助焊剂加深了解。同时无铅焊料的使用对无铅设备提出了新的要求，所以加入无铅焊接技术的介绍。

第四章增加了热设计中的元器件布局及安装的内容，这对读者是非常重要的，不管以后是做设计还是装配，都需要掌握这部分内容，因为它对大功率电子产品的工作性能影响重大。

第五章增加了插件工艺文件编制的内容，其目的一方面是考虑到作为电子技术人员的需要，另一方面是近两年大学生电子技术竞赛中这部分内容也占有很大比重。

第六章加入了电子产品质量管理的内容和 ISO9000 标准系列的知识。众所周知电子产品质量不是检验出来的而是设计制造出来的，质量管理正是对产品设计制造全过程进行监控。这部分内容的介绍，可以使读者了解到质量管理和 ISO9000 标准的基本内容。

本教材的第2版仍然保持了第1版短小精悍、经济实用的特点，在当今电子产品快速发展的时代，是一本合适的教科书。

本书中有些元器件符号及电路图采用的是 Protel 2004 软件的符号标准，与国家标准不符，特提请读者注意。

本教材由北京信息职业技术学院樊会灵任主编。陈强编写了第一、二章，李水编写了第三、六章，樊会灵编写了第四、五章并负责全书的统稿工作。

本教材由刘莲青任主审，她对本书提出了许多宝贵意见，在此表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限，书中难免有错误和不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

第1版前言

PREFACE

当前,电子产品与人们的生活愈加密不可分,大到国防建设、航天工业,小到收音机、石英钟,电子产品可谓无处不在。电子产品质量关系到各行各业,特别是我国已加入了世界贸易组织,电子产品质量将直接影响到我国的电子产品在全球市场上的占有率。因此,产品质量的重要性不言而喻。编者曾多年在生产一线从事工艺管理工作,深知工艺设计的优劣以及操作者对工艺的理解和执行情况对产品质量的重大影响。编写本教材的目的,就是为了培养懂理论、有技术的一线技术应用型人才,而这正是高等职业技术教育的培养目标。

本教材的特点是突出理论联系实际,并体现了新知识、新技术、新工艺和新方法,图文并茂,通俗易懂,非常实用。

本教材从生产实际出发,以电子整机的生产为主线,内容涉及电子产品生产的全过程。全书共分六章,在第一章中,除介绍了电阻、电容、电感和晶体管等常用元器件外,还增加了光敏器件、热敏器件、激光器件以及表面安装元器件等;在第二章中,介绍了印制电路板的设计与制作方法以及当今流行的 Protel 电子绘图软件的使用方法,并应用 Protel 软件绘制了部分插图;在第三章中,介绍了焊接原理以及波峰焊、再流焊等焊接技术,同时详细介绍了 BGA(球栅阵列)封装集成电路的焊接技术;在第四章中,介绍了电子产品的防护、散热、电磁兼容和静电防护技术;第五章以 AM/FM 收音机装配工艺为例,详细介绍了整机装配工艺及工艺文件的编制方法;第六章以 AM/FM 收音机和 I²C 彩电为例,介绍了电子产品的调试方法,同时介绍了 ISO9000 国际质量标准。

本教材由北京信息职业技术学院樊会灵主编。陈强编写第一、二章,李水编写第三、六章,樊会灵编写第四、五章并负责全书统稿。

本教材由刘莲青主审,她对本书提出了许多宝贵意见,在此表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

目 录

CONTENTS

第2版前言

第1版前言

第一章 常用电子元器件	1
第一节 电阻器和电位器	1
第二节 电容器	5
第三节 电感器	7
第四节 半导体器件	9
第五节 电声器件、光电器件和 压电器件	17
第六节 片状元器件	25
本章小结	30
习题一	30
第二章 印制电路板的设计 与制作	32
第一节 印制电路板的结构 与种类	32
第二节 印制电路板设计的 基本原则	35
第三节 手工制作印制电路板	44
第四节 Protel 2004 电路板设计 软件简介	46
本章小结	65
习题二	65
第三章 焊接工艺	67
第一节 焊接的基本知识	67
第二节 无铅焊料	69
第三节 手工焊接技术	72
第四节 无铅助焊剂	78
第五节 自动焊接技术	80
第六节 无铅焊接的工艺技术	

与设备	84
第七节 表面安装技术	90
本章小结	94
习题三	94
第四章 电子产品的防护与 电磁兼容	95
第一节 电子产品的防护与防腐	95
第二节 电子产品的散热	97
第三节 电子产品的防振	98
第四节 电子产品的电磁兼容性	99
第五节 电子产品的静电防护	103
本章小结	105
习题四	105
第五章 整机装配工艺	107
第一节 整机装配的准备工艺	107
第二节 电子产品工艺文件	114
第三节 电子产品装配工艺要求 及过程	118
本章小结	129
习题五	129
第六章 电子产品的调试 与检验	130
第一节 调试工艺	130
第二节 检验	139
第三节 电子产品的质量管理及 ISO 9000 标准系列	145
本章小结	153
习题六	154
参考文献	155

第一章 常用电子元器件

电子元器件是在电路中具有独立电气功能的基本单元。元器件在各类电子产品中占有重要地位，特别是一些通用电子元器件，更是电子产品中必不可少的基本材料。熟悉和掌握各类元器件的性能、特点和使用方法等，对电子产品的设计、制造起着十分重要的作用。

第一节 电阻器和电位器

一、电阻器的种类

电阻器通常称为电阻，是一种应用非常广泛的电子元件，它具有稳定和调节电路中的电压和电流的功能。

电阻器的种类繁多，按其材料可分为碳膜、金属膜和线绕电阻器；按用途可分为通用、精密型电阻器；按引出线的不同可分为轴向引线、无引线电阻器。常见电阻器的外形及电路符号如图 1-1 和图 1-2 所示。

下面重点介绍几种常用电阻器的结构、特点及应用。

(1) 碳膜电阻 碳膜电阻是最早、最广泛使用的电阻。它是由碳沉积在瓷质基体上制成，通过改变碳膜的厚度或长度，可以得到不同的电阻值。其主要特点是高频特性比较好、价格低，但精度差。它广泛用于收录机、电视机等电子产品中。

(2) 金属膜电阻 金属膜电阻是在真空条件下，在瓷质基体上沉积一层合金粉制成。通过改变金属膜的厚度或长度可得到不同的阻值，其主要特点是耐高温。当环境温度升高后，其阻值变化与碳膜电

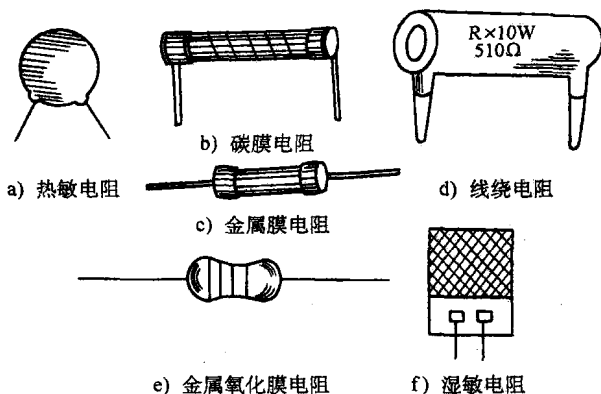


图 1-1 常见电阻器的外形

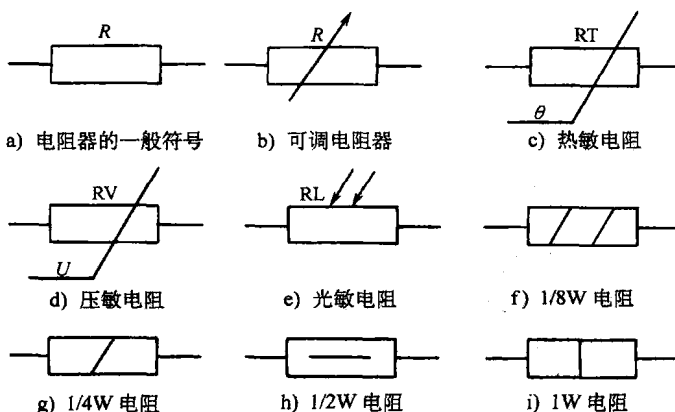


图 1-2 常见电阻器的电路符号

阻相比,变化很小,高频特性好,精度高,常在精密仪表等高档设备中使用。

(3) 线绕电阻 线绕电阻是用康铜丝或锰铜丝缠绕在绝缘骨架上制成。它有很多优点:耐高温、噪声小、精度高、功率大。但其高频特性差,这主要是由于其分布电感较大。在低频的精密仪表中被广泛应用。

(4) 保险电阻 保险电阻具有双重功能,在正常情况下具有普通电阻的电气特性,一旦电路中电压升高、电流变大或某个元器件损坏,保险电阻就会在规定的时间内熔断,从而达到保护其他元器件的目的。

(5) NTC、PTC 热敏电阻 NTC 热敏电阻是一种具有负温度系数变化的热敏元件,其阻值随温度升高而减小,可用于稳定电路的工作点。PTC 热敏电阻是一种具有正温度系数变化的热敏元件。在达到某一特定温度前,电阻值随温度升高而缓慢下降,当超过这个温度时,其阻值急剧增大。这个特定温度点称为居里点。PTC 热敏电阻的居里点可通过改变其材料中各成分的比例而变化。PTC 热敏电阻在家电产品中被广泛应用,如彩电的消磁电阻、电饭煲的温控器等。

二、电阻器的主要技术参数

(一) 标称阻值及误差

标称阻值是指电阻器表面所标示的阻值。除特殊定做的电阻以外,其阻值范围应符合国标中规定的阻值系列。目前电阻器标称阻值有三大系列:E6、E12 和 E24。E24 系列最全。电阻器标称值系列见表 1-1。

标称阻值往往与其实际阻值有一定偏差,这个偏差与标称阻值的百分比叫做电阻器的误差。误差越小,电阻器精度越高。

1. 单位

电阻的单位是欧姆,用 Ω 表示。除欧姆外,还有千欧($k\Omega$)和兆欧($M\Omega$),使用时应遵循以下原则:若用 R 表示电阻的阻值, $R < 1000\Omega$,用 Ω 表示; $1000\Omega \leq R < 1000k\Omega$,用 $k\Omega$ 表示; $R \geq 1000k\Omega$,用 $M\Omega$ 表示。

表 1-1 电阻器标称值系列

标称值系列	精 度	标 称 阻 值
E24	$\pm 5\%$	1.0, 1.1, 1.2, 1.3, 1.5, 1.6, 1.8, 2.0, 2.2, 2.4, 2.7, 3.0, 3.3, 3.6, 3.9, 4.3, 4.7, 5.1, 5.6, 6.2, 6.8, 7.5, 8.2, 9.1
E12	$\pm 10\%$	1.0, 1.2, 1.5, 1.8, 2.2, 2.7, 3.3, 3.9, 4.7, 5.6, 6.8, 8.2
E6	$\pm 20\%$	1.0, 1.5, 2.2, 3.3, 4.7, 6.8

注:表中阻值可乘以 10^n , 其中 n 为正整数或负整数。

2. 阻值的表示方法

(1) 直标法 直接用数字表示电阻器的阻值和误差,例如电阻器上印有 $68k\Omega \pm 5\%$, 则阻值为 $68k\Omega$, 误差为 $\pm 5\%$ 。

(2) 文字符号法 用数字和文字符号或两者有规律的组合来表示电阻器的阻值。文字符号 Ω 、 k 、 M 前面的数字表示阻值的整数部分,文字符号后面的数字表示阻值的小数部分,例如, $2k7$ 表示其阻值为 $2.7k\Omega$ 。

(3) 色标法 用不同颜色的色环表示电阻的阻值和误差。常见的色环电阻有四环和五环电阻两种，见表 1-2 和表 1-3，其中五环电阻属于精密电阻。

表 1-2 四环电阻器色环颜色与数值对照表

色环颜色	第一色环	第二色环	第三色环	第四色环
	第一位数	第二位数	倍率	误差
棕	1	1	$\times 10^1$	$\pm 1\%$
红	2	2	$\times 10^2$	$\pm 2\%$
橙	3	3	$\times 10^3$	
黄	4	4	$\times 10^4$	
绿	5	5	$\times 10^5$	$\pm 0.5\%$
蓝	6	6	$\times 10^6$	$\pm 0.25\%$
紫	7	7	$\times 10^7$	$\pm 0.1\%$
灰	8	8	$\times 10^8$	$\pm 0.05\%$
白	9	9	$\times 10^9$	
黑		0	$\times 10^0$	
金			$\times 10^{-1}$	$\pm 5\%$
银			$\times 10^{-2}$	$\pm 10\%$

表 1-3 五环电阻器色环颜色与数值对照表

色环颜色	第一色环	第二色环	第三色环	第四色环	第五色环
	第一位数	第二位数	第三位数	倍率	误差
棕	1	1	1	$\times 10^1$	$\pm 1\%$
红	2	2	2	$\times 10^2$	$\pm 2\%$
橙	3	3	3	$\times 10^3$	
黄	4	4	4	$\times 10^4$	
绿	5	5	5	$\times 10^5$	$\pm 0.5\%$
蓝	6	6	6	$\times 10^6$	$\pm 0.25\%$
紫	7	7	7	$\times 10^7$	$\pm 0.1\%$
灰	8	8	8	$\times 10^8$	$\pm 0.05\%$
白	9	9	9	$\times 10^9$	
黑		0	0	$\times 10^0$	
金				$\times 10^{-1}$	$\pm 5\%$
银				$\times 10^{-2}$	

电阻器色环表示法示例，如图 1-3 所示。

在实际中，读取色环电阻器阻值时应注意以下几点：

1) 熟记表 1-2 和表 1-3 中色数对应关系。

2) 找出色环电阻的第一环，其方法有：

① 色环靠近引出端最近的一环为第一环。

② 四环电阻多以金色作为误差环，五环电阻多以棕色作为误差环。

3) 色环电阻标记不清或个人辨色能力差，只能用万用表测量。

(4) 数码法 数码法是用三位数码表示电阻的标称值。数码从左到右，前两位为有效值，第三位是乘数，即表示在前两位有效值后所加零的个数。例如，152 表示在 15 的后面加 2 个“0”，即 $1500\Omega = 1.5k\Omega$ 。此种方法在贴片电阻中使用较多。

(二) 额定功率

电阻长时间工作允许所加的最大功率叫额定功率。电阻器的额定功率通常有 $1/8W$ 、 $1/4W$ 、 $1/2W$ 、 $1W$ 、 $2W$ 、 $5W$ 、 $10W$ 等。大功率电阻在安装时应与电路板有一定距离，以利于散热。

三、电阻器的正确使用

电阻器在使用时应遵循以下原则：

1. 按用途选择电阻器的种类

在一般档次的电子产品中，选用碳膜电阻就可满足要求。对于环境较恶劣的地方或精密仪器中，应选用金属膜电阻。

2. 正确选取阻值和允许误差

对于一般电路，选用误差为 $\pm 5\%$ 的电阻即可，对于精密仪器应选用高精度的电阻器。

3. 额定功率的选择

为保证电阻器可靠耐用，其额定功率应是实际功率的 2~3 倍。

四、电位器

电位器是一种阻值可以连续调节的电阻器。在电子产品设备中，经常用它进行阻值、电位的调节。例如，在收录机中用它来控制音调、音量；在电视机中用来调节亮度、对比度等。

(一) 电位器的种类

电位器的种类很多，形状各异，按材料可分为合成碳膜、金属氧化膜电位器等；按照调节方式可分为直滑式和旋转式电位器；按结构特点可分为抽头式电位器、带开关的电位器等。常见电位器外形如图 1-4 所示。

(二) 电位器的性能参数

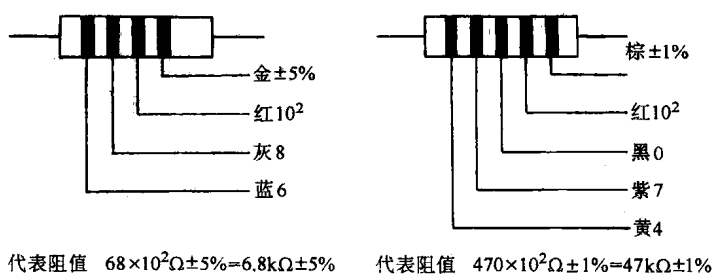


图 1-3 电阻器色环表示法示例

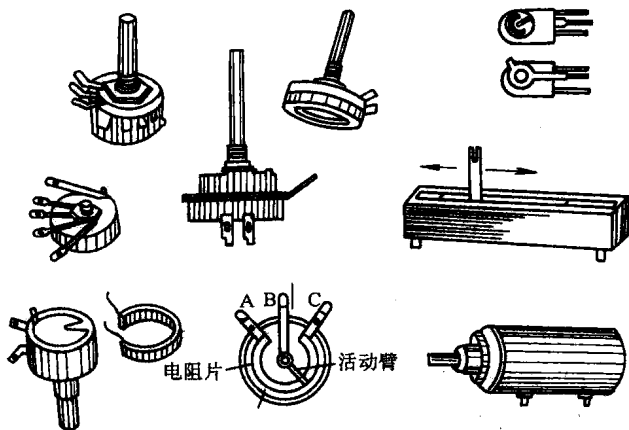


图 1-4 常见电位器外形

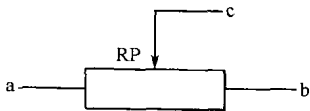
1. 电位器的阻值

电位器的阻值即电位器的标称值,是指其两固定端间的阻值。其电路符号如图 1-5 所示。其中 a、b 为电位器的固定端, c 为电位器的滑动端。调节 c 的位置可以改变 ac 或 bc 间的阻值,但是不管怎样调节,总是遵循如下原则: $R_{ab} = R_{ac} + R_{bc}$ 。

2. 阻值的变化规律

电位器的阻值变化规律有三种:直线式(X),指数式(Z)和对数式(D)。直线式电位器适用于电阻值调节均匀变化的场合,如分压电路;指数式电位器适宜人耳感觉特性,多用在音量控制电路中;对数式电位器在开始转动时阻值变化很大,在转角接近最大阻值一端时,阻值变化就比较缓慢,此种电位器多用在音调控制及对比度调节电路中。

图 1-5 电位器的电路符号



(三) 电位器的质量判别

电位器在使用过程中,由于旋转频繁而容易发生故障,这种故障表现为噪声大、声音时大时小、电源开关失灵等。可用万用表来检查电位器的质量。

(1) 测量电位器 a、b 端的总阻值是否符合标称值 把表笔分别接在 a、b 之间,看万用表读数是否与标称值一致。

(2) 查滑动端 把表笔分别接在 a、c 或 b、c 之间,慢慢转动电位器,阻值应连续变大或变小,若有跳动则说明电位器接触不良。测量各端子与外壳及轴之间的绝缘电阻应为“∞”,若电位器带有开关,还应检测开关的好坏。

第二节 电 容 器

电容器是在两个金属电极中间夹一层绝缘材料(介质)构成,它是一种储存电能的元件,在电路中具有交流耦合、旁路、滤波、信号调谐等作用。

一、电容器的分类

电容器按结构可分为固定电容器、可变电容器、微调电容器;按介质可分为空气介质电容器、固体介质(云母、陶瓷、涤纶等)电容器及电解电容器;按有无极性可分为有极性电容器和无极性电容器。常见电容器的外形及电路符号如图 1-6 和图 1-7 所示。

二、电容器的容量识别方法

1. 电容器容量的单位

电容器的容量是指其加上电压后储存电荷能力的大小。它的基本单位是法拉(F),由于法拉这个单位太大,因而常用的单位有微法(μF)、纳法(nF)和皮法(pF)。其中

$$1\mu\text{F} = 10^{-6}\text{F} \quad 1\text{nF} = 10^{-9}\text{F} \quad 1\text{pF} = 10^{-12}\text{F}$$

2. 额定工作电压

额定工作电压又称为耐压,是指在允许的环境温度范围内,电容上可连续长期施加的最大电压有效值。它一般直接标注在电容器的外壳上,使用时绝不允许电路的工作电压超过电容器的耐压,否则电容器就会击穿。

3. 电容器容量的识别方法

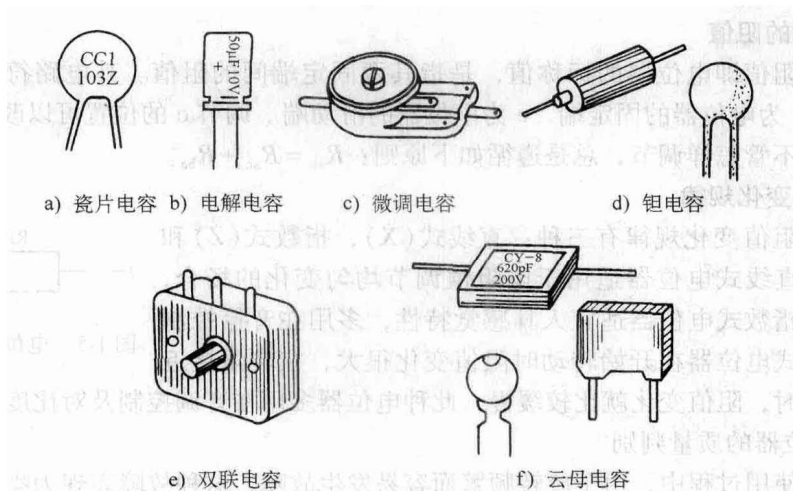


图 1-6 常见电容器的外形



图 1-7 常见电容器的电路符号

电容器容量的标识方法主要有直标法、数码法和色标法三种，下面分别加以介绍。

(1) 直标法 将电容器的容量、耐压及误差直接标注在电容器的外壳上，其中误差一般用字母来表示。常见的表示误差的字母有 F(±1%)、G(±2%)、J(±5%)和 K(±10%)等。例如：

47nJ100 表示 47nF 或 0.047μF 误差为 ±5% 耐压为 100V

100 表示 100pF

0.039 表示 0.039μF

当电容器所标容量没有单位时，在读其容量时可按如下原则：

1) 容量在 $1 \sim 10^4$ 之间时，读作皮法。例如，470 读作 470pF。

2) 容量大于 10^4 时，读作微法。例如，22000 读作 0.022μF。

(2) 数码法 用三位数字来表示容量的大小，单位为 pF。前两位为有效数字，第三位表示倍率，即乘以 10^i ， i 的取值范围是 1~9，其中 9 表示 10^{-1} 。例如，333 表示 33000pF 或 0.033μF；229 表示 2.2pF。

(3) 色标法 这种表示方法与电阻器的色环表示方法类似，其颜色所代表的数字与电阻色环完全一致，单位为 pF。

除了以上表示方法外，电容的容量还有其他表示方法。例如，.01 表示 0.01μF；220MFD 表示 220μF；R22 表示 0.22μF(用 R 表示小数点)。

三、电容器的选用及性能检测

1. 电容器的合理选用

电容器的种类繁多，性能指标各异，合理选用电容器对产品设计十分重要。对于要求不高的

电路通常可选用低频瓷介电容；要求较高的中高频、音频电路可选用涤纶电容或聚苯乙烯电容；高频电路一般选用高频瓷介或云母电容；电源滤波、退耦、旁路可选用铝电解或钽电解电容。

2. 电容器的质量判别

电容器在使用前应对其漏电情况进行检测。容量在 $1 \sim 100\mu\text{F}$ 内的电容用 $R \times 1\text{k}$ 档检测；容量大于 $100\mu\text{F}$ 的电容用 $R \times 10$ 档检测，具体方法如下：将万用表两表笔分别接在电容的两端，指针应先向右摆动，然后回到“ ∞ ”位置附近。表笔对调重复上述过程，若指针距“ ∞ ”处很近或指在“ ∞ ”位置上，说明漏电阻大，电容性能好；若指针距“ ∞ ”处较远，说明漏电阻小，电容性能差；若指针在“0”处始终不动，说明电容内部短路。对于 5000pF 以下的小容量电容器，由于容量小、充电时间快、充电电流小，用万用表的高阻值档也看不出指针摆动，可借助电容表直接测量其容量。

第三节 电感器

电感器是利用电磁感应原理制成的元件，它通常分为两类：一类是应用自感作用的电感线圈；另一类是应用互感作用的变压器。电感器的应用范围很广，它在调谐、振荡、匹配、耦合、滤波、陷波、偏转聚焦等电路中都是必不可少的。由于其用途、工作频率、功率、工作环境不同，对电感器的基本参数和结构就有不同的要求，致使电感器类型和结构的多样化。常用电感器的外形及电路符号如图 1-8 和图 1-9 所示。

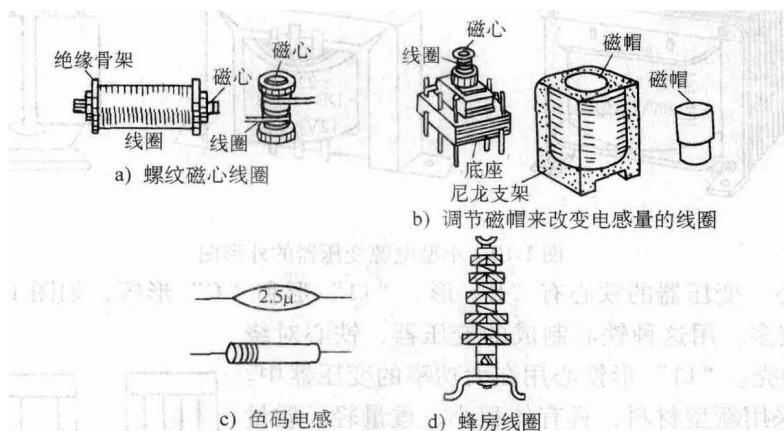


图 1-8 常用电感器外形

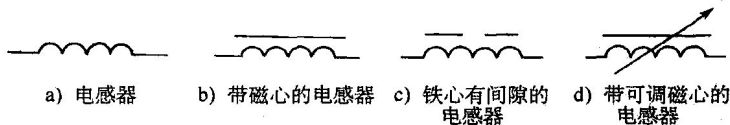


图 1-9 常用电感器的电路符号

一、电感器的基本参数

1. 电感量(L)

电感量的定义为

$$L = \frac{\Phi}{I}$$

式中, L 是电感量; Φ 是载流线圈的磁通量; I 是线圈中的电流。

电感量的基本单位是亨利(H), 常用单位有毫亨(mH)和微亨(μ H)。

2. 品质因数(Q 值)

电感线圈的品质因数定义为

$$Q = \frac{\omega L}{r}$$

式中, ω 是工作角频率; L 是线圈的电感量; r 是线圈的损耗电阻。

二、几种常用的电感器

(一) 小型固定电感器

这种电感器是在棒形、工形或王字形的磁心上绕制漆包线制成, 它体积小、重量轻、安装方便, 用于滤波、陷波及退耦电路中。其结构有卧式和立式两种。

(二) 电源变压器

图 1-10 所示是一些小型电源变压器的外形图, 它由带铁心的绕组、绕组骨架、绝缘物等组成。

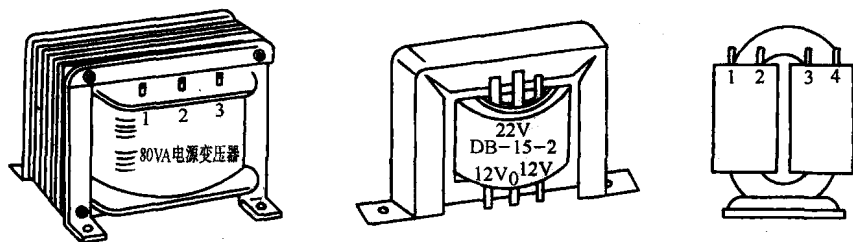


图 1-10 小型电源变压器的外形图

(1) 铁心 变压器的铁心有“E”形、“口”形和“C”形等, 如图 1-11 所示。“E”形铁心使用较多, 用这种铁心制成的变压器, 铁心对绕组形成保护外壳。“口”形铁心用在大功率的变压器中。“C”形铁心采用新型材料, 具有体积小、重量轻、质量好等优点, 但制作要求高。

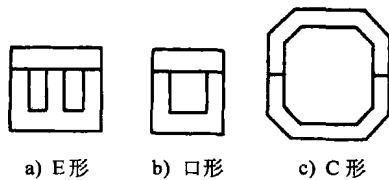


图 1-11 常用变压器铁心

(2) 绕组 绕组是用不同规格的漆包线绕制而成。绕组由一个一次绕组和多个二次绕组组成, 并在一、二次绕组之间加有静电屏蔽层。

(3) 特性 变压器的一、二次绕组的匝数与电压有以下关系:

$$n = \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2}$$

式中, U_1 和 N_1 分别代表一次绕组的电压和匝数; U_2 和 N_2 分别代表二次绕组的电压和匝数; n 称为电压比, $n < 1$ 的变压器为升压变压器; $n > 1$ 的变压器为降压变压器, $n = 1$ 的变压器为隔离变压器。

（三）中频变压器

中频变压器是超外差式无线电接收设备中的主要元器件之一，它广泛应用于调幅收音机、调频收音机、电视机等电子产品中。调幅收音机中的中频变压器谐振于 465kHz；调频收音机的中频变压器谐振于 10.7MHz；电视机中图像中频变压器谐振于 38MHz，伴音中频变压器谐振于 31.5MHz。其主要功能是选频及阻抗匹配。

三、电感器的测量

电感器的电感量一般可通过高频 Q 表或电感表进行测量，若不具备以上两种仪表，可通过用万用表测量线圈的直流电阻来判断其好坏。一般线圈的直流电阻很小，在零点几欧至几欧之间，电源变压器的一次绕组可达几十欧。当测得线圈电阻无穷大时，则说明线圈内部或引线已断。

第四节 半导体器件

一、二极管

（一）种类及特性

二极管是一种具有单向导电性的半导体器件。它是由一个 PN 结加上相应的电极引线和密封壳构成的，广泛应用于电子产品中，有整流、检波、稳压等作用。

二极管的种类很多，形状各异。按用途分，有整流、检波、稳压、发光、开关、光敏二极管；按材料分，有锗二极管、硅二极管和砷化镓二极管；按结构分，有点接触和面接触二极管。此外还有变容二极管、肖特基二极管、双向触发二极管、精密二极管等。常见二极管的外形及电路符号如图 1-12 和图 1-13 所示。

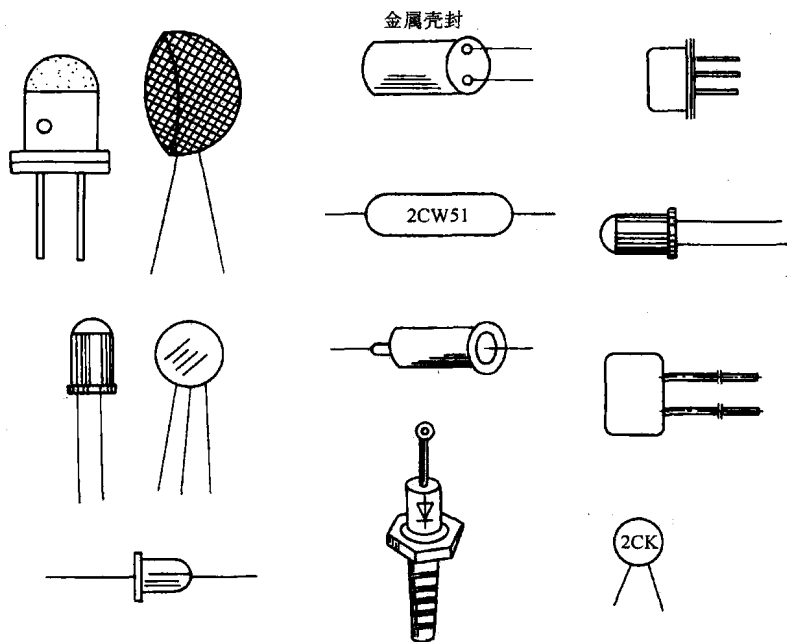


图 1-12 常见二极管的外形

国产二极管的型号由五部分组成，其意义如下：

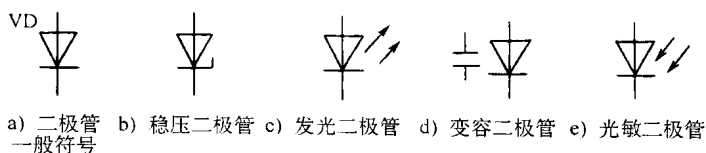


图 1-13 常见二极管的电路符号

第一部分用数字 2 表示二极管。

第二部分是材料和极性，用字母表示，见表 1-4。

第三部分是类型，用字母表示，见表 1-5。

表 1-4 二极管型号和极性部分字母含义

字 母	A	B	C	D
含义	N 型 锗材料	P 型 锗材料	N 型 硅材料	P 型 硅材料

表 1-5 二极管型号部分字母含义

字 母	含 义	字 母	含 义	字 母	含 义
P	普通管	L	整流堆	U	光敏管
W	稳压管	S	隧道管	K	开关管
Z	整流管	N	阻尼管	V	微波管

第四部分是序号，用数字表示。

第五部分是规格，用字母表示。

例如：2AP9 表示锗材料，N 型普通二极管，产品序号为 9；2CK71 表示硅材料，N 型开关二极管，产品序号为 71。

（二）主要参数

1. 最大整流电流 I_F

I_F 是二极管长期连续工作时允许通过的最大正向平均电流，使用时应注意通过二极管的平均电流不能大于这个值，否则将导致二极管损坏。

2. 最大反向电压 U_{RM}

U_{RM} 指允许加在二极管上的反向电压最大值。二极管反向电压的峰值不能超过 U_{RM} ，否则反向电流增大，特性变坏。通常 U_{RM} 为反向击穿电压的 $1/3 \sim 1/2$ 。

二极管还有反向饱和电流、结电容、反向恢复时间等参数。对于普通整流电路一般不需要考虑这些参数，对于开关二极管，因工作于脉冲电路，需特别注意选用反向恢复时间短的二极管。若工作电流大还需注意管子的额定功率。

（三）检测方法与极性识别

1. 外观识别

一般情况下二极管外壳上印有标志的一端为二极管的负极，另一端为正极。例如，1N4001 二极管管体为黑色，在管体的一端印有一个白圈，此端管脚即为负极。对于发光二极管，长管脚为正极，短管脚为负极。

2. 万用表检测

用万用表的 $R \times 100$ 和 $R \times 1k$ 档检测。检测方法：将指针式万用表的两表笔分别接触二极管两端，读出阻值；将两表笔交换后再次测量，读出阻值。对于性能好的二极管来讲，两次阻值相差很大，阻值小的一次黑表笔（负极表笔）所接为二极管的正极，红表笔（正极表笔）接的一端为负极。阻值小的常称为正向电阻，阻值大的常称为反向电阻。通常硅二极管的正向电阻为数百至数千欧，反向电阻在 $1M\Omega$ 以上。锗二极管的正向电阻为几百欧到 $2k\Omega$ ，反向电阻为几百千欧（视表内电池电压而定）。若实测过程中两次阻值全为零，说明管子已击穿；若两次阻值均为无穷大，说明管子已断路；若两次阻值相差不大，说明管子性能不良。

若采用数字万用表进行检测，可以直接使用数字万用表的二极管档。对于硅二极管，当红表笔接在管子的正极，黑表笔接在负极，此时显示 $500 \sim 700$ 均为正常；交换表笔再次测量，此时应无数字显示。对于锗二极管，当红表笔接在管子正极，黑表笔接在负极，显示数字小于 300。若两次测量均无显示说明二极管断路；若两次测量均为零，说明二极管击穿。

如果用万用表不能判断出其性能，可用 JT—1 型晶体管特性图示仪模拟二极管的工作环境进行测量。

（四）常用二极管的特点

1. 整流二极管

整流二极管属于硅材料、面接触型二极管，其特点是工作频率低、允许通过的正向电流大、反向击穿电压高。国产的整流二极管型号有 2CZ、2DZ 系列。进口的整流二极管有 1N4004、1N4007、1N5401 等型号。

整流二极管不仅有硅管和锗管之分，而且还有低频和高频、大功率和中（小）功率之分。硅管具有良好的温度特性及耐压性能，故使用较多；高频整流管亦称快速恢复二极管，主要用在频率较高的电路中，例如，计算机主机箱中的开关电源、电视机中的开关电源均采用大功率快速恢复二极管。

2. 检波二极管

检波实际上是对高频小信号整流的过程，它可以把调幅信号中的调制信号取出来。检波二极管属于锗材料、点接触型二极管，其特点是工作频率高，正向压降小。国产检波二极管的型号主要是 2AP 系列，进口检波二极管有 1N60 等型号。检波二极管应用于收音机及一些通信设备中。

3. 稳压二极管

稳压二极管又称齐纳二极管，是一种用于稳压、工作于反向击穿状态的特殊二极管。稳压二极管是以特殊工艺制造的面接触型二极管，它是利用 PN 结反向击穿后，在一定反向电流范围内，反向电压几乎不变的特点进行稳压的。国产稳压二极管主要有 2CW 和 2DW 系列，进口稳压二极管有 1N752、1N962 等型号。其稳压值可查阅相关手册或通过 JT—1 型晶体管特性图示仪测量。

4. 变容二极管

变容二极管是指它的结电容随其两端的反向偏压的变化而变化的一种二极管，而且反向偏压越大，电容量越小，当偏压趋近于零时，电容量最大。国产变容二极管主要有 2CC 系列。变容二极管广泛应用于电调谐器中，例如，彩色电视机中的高频头、具有自动搜索电台